**Бєкіров Ескендер Алімович. Науково-технічні засади підвищення енергоефективності фотоелектричних джерел електропостачання : Дис... д-ра наук: 05.14.08 – 2008**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Бекіров Є.А. Науково-технічні засади підвищення енергоефективності фотоелектричних джерел електропостачання. –**Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.14.08 – Перетворювання відновлюваних видів енергії. – Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ, 2008.  Дисертаційна робота присвячена розв’язанню науково-прикладної проблеми підвищення енергоефективності фотоелектричних перетворювачів енергії сонячного випромінювання.  В роботі досліджено особливості електротеплового стану в струмових каналах фотоперетворювачів та його стійкості до малих збурень. Розроблено узагальнений метод аналізу стійкості системи «фотобатарея – різні види навантаження», визначено умови узгодження електричних характеристик фотобатарей і навантаження, при яких забезпечується енергоефективне трансформування енергії від фотобатарей до навантаження та якість електричної енергії в системі. Розроблено засоби перетворення енергії постійного струму фотобатарей в змінний синусоїдальний струм промислової частоти 50 Гц на основі вторинних напівпровідникових стабілізаторів напруги з широтно-імпульсною модуляцією, дроселів, пристроїв захисту від перевантажень, пристроїв синхронізації з мережею, випрямлювачів тощо. | |
| |  | | --- | | У дисертаційній роботі розв’язано науково-прикладну проблему підвищення енергоефективності фотоелектричних систем електроживлення на базі дослідження особливостей струмоутворення в фотоелектричних перетворювачах з урахуванням нелінійних ефектів і застосуванням синергетичного аналізу стійкості, розробки методів аналізу стійкості системи “фотобатарея – різні види навантаження”, дослідження умов електродинамічно та енергетично узгоджених параметрів джерела живлення та навантаження, розробки принципів побудови та створення нових технічних рішень для напівпровідникових джерел живлення між джерелом та навантаженням, а також їх окремих елементів. При цьому одержано наступні основні результати:  1. На основі синергетичного підходу щодо формування просторово-неоднорідних структур в процесах нелінійного переносу, що описуються рівняннями в часткових похідних, розглянуто особливості нестаціонарного розподілу напруженості електричного поля, густини струму та температури з формуванням просторово-неоднорідних структур внаслідок розвитку електричної та електротеплової нестійкості для струмових каналів плоскої та циліндричної форми в напівпровідникових фотоперетворювачах. Встановлено, що порядок дисперсійного рівняння для частоти збурень , який визначає кількість його коренів, залежить від кількості часткових похідних у часі та значень компонент матриці , що зв’язує вектор швидкості збурень у часі із вектором збурень. Показано, що частота збурень в загальному випадку є комплексною величиною незалежно від просторової структури збурень, причому розвиток нестійкості має місце при r>0, а наявність автоколивальних режимів можлива лише при i0.  2. Виконано аналіз умов, при яких реалізуються режими з розвитком електричної або електротеплової нестійкості при r>0, що може привести до електричного або електротеплового пробою фотоперетворювачів з формуванням неоднорідної структури у вигляді шнурів в напрямку протікання струму з експоненціальним (при i=0) або експоненціально-синусоїдальним (при i0) характером зміни основних електричних характеристик напівпровідникових фотоперетворювачів. Розглянуто також умови автоколивальних режимів зміни параметрів фотоперетворювачів у часі (при i0), основною причиною яких є наявність диференціальних операторів непарного порядку у вихідній моделі задачі, що приводить до комплексності коефіцієнтів в матриці . Фізичними причинами цього ефекту, який інтегрально проявляється у вигляді високочастотних флуктуацій напруги на окремих фотоперетворювачах та фотобатареях в цілому, є наступні: а) нелінійність або неоднорідність фізичних характеристик переносу; б) геометрія (наприклад, циліндрична) струмових каналів; в) наявність збурень з просторовою дисперсією (залежністю від координат) амплітуди та (або) хвильового вектору збурень.  3. Розроблено узагальнений метод дослідження стійкості системи “фотобатарея – різні види навантаження”, особливістю якого є окреме визначення зв’язків між збуреннями напруги та струму джерела і збуреннями напруги та струму навантаження. Це дозволяє при необхідності включити до дослідження при розгляді нестійкості системи вплив проміжних елементів та пристроїв (наприклад, з’єднуючих ліній), представляючи їх у вигляді чотирьохполюсників.  4. Визначено зв’язки між збуреннями напруги та струму фотобатарей при різних видах апроксимації вольт-амперної характеристики фотобатарей, а також окремих груп паралельно і послідовно з’єднаних між собою фотоперетворювачів, що формують фотобатарею і визначають умови стійкості джерела живлення як окремої підсистеми. Виконаний на прикладі різних видів нелінійного навантаження (температурно-залежне навантаження, двигун постійного струму) аналіз умов системної стійкості, з якого випливає висновок про необхідність розширення вихідної електродинамічної моделі рівняннями теплового та електромеханічного стану, внаслідок чого підвищується порядок характеристичного рівняння для частоти збурень та кількості його коренів, структура яких визначає умови та тип нестійкостей.  5. Розглянуто умови узгодження електричних параметрів фотобатарей з параметрами навантаження для забезпечення максимальних значень енергетичних характеристик фотобатарей, які визначають енергоефективність трансформування енергії від фотобатарей до навантаження. Показано, що неузгодженість параметрів фотобатареї та навантаження може значно зменшити номінальний коефіцієнт корисної дії фотобатарей і таким чином зменшити техніко-економічні показники використання фотобатарей. Особливе значення це має тоді, коли навантаження має змінний в часі характер, наприклад, для електромеханічних навантажень, коли необхідно не тільки стабілізувати напругу на фотобатареї, але і змінювати її узгоджено зі зміною ефективного опору навантаження.  6. Проведено аналіз впливу флуктуаційної складової напруги фотобатарей на флуктуаційні характеристики навантаження, які в багатьох випадках визначають старіння матеріалів елементів обладнання, наприклад електричної ізоляції. При цьому зв’язок між джерелом живлення та навантаженням представлено у вигляді двопровідної лінії з розподіленими параметрами, що дозволяє визначити ступінь затухання високочастотних гармонічних складових по лінії зв’язку між джерелом живлення та навантаженням і обґрунтовано зробити рекомендації щодо місць установки фільтрів вищих гармонійних складових.  7. Розроблено засоби перетворювання енергії постійного струму фотобатарей в енергію змінного синусоїдального струму промислової частоти 50 Гц, особливістю якого є можливість підключення вторинного напівпровідникового джерела живлення до зовнішньої енергосистеми, а також локальних автономних споживачів змінного та постійного струму, що забезпечується використанням якісної перетворюваної енергії для власних потреб перетворювача.  8. Для реалізації процесів в напівпровідникових фотоперетворювачах, що забезпечують синусоїдальну форму сигналу на виході із заданою похибкою, розвинути чисельно-аналітичні методи наближення гармонічних функцій заданих дискретно, що основані на методах Фур’є, колокацій, найменших квадратів та невизначених коефіцієнтів, для яких розроблено алгоритми, придатні для чисельної реалізації з похибкою < 0,02 % для першої гармоніки.  9. Розроблено і теоретично обґрунтовано принципи побудови напівпровідникових фотоперетворювачів вторинного живлення для фотобатарей, які включають такі основні структурно-формуючі елементи: імпульсні стабілізатори напруги з широтно-імпульсною модуляцією, послідовно включені дроселі, генератори синусоїдальної напруги, пристрої захисту від перевантажень, пристрої синхронізації по напрузі і фазі з мережею, випрямлювачі.  Для усіх елементів систем запропоновано нові оригінальні технічні рішення, які захищено 53 патентами України.  10. Результати по фізиці процесів перетворення енергії в системах електроживлення з фотобатареями і технічні рішення по структурі джерел вторинного електроживлення рекомендується використовувати в Інституті відновлюваної енергетики НАН України (м. Київ), ВАТ «Квазар» (м. Київ), ПП «Аванте» (м. Київ), ВАТ «Фіолент» (м. Сімферополь) і на кафедрах вузів при навчанні студентів по дисциплінах, пов'язаних з використанням сонячної енергії. | |